



www.cibereduca.com



**V Congreso Internacional Virtual de Educación
7-27 de Febrero de 2005**

MÉTODO ALTERNATIVO DE MEDIDA DE LOS PARÁMETROS DE RADIACIÓN DE ANTENAS EMPLEANDO EQUIPO DE BAJO COSTE

Ángela Coves Soler¹ (angela.coves@umh.es)
Germán Torregrosa Penalva¹ (gtorregrosa@umh.es)
Alberto Rodríguez Martínez¹ (arodriguezm@umh.es)
M. Asunción Vicente Ripoll² (suni@umh.es)
César Fernández Peris² (c.fernandez@umh.es)

¹Departamento de Física y Arquitectura de Computadores
Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones
Universidad Miguel Hernández
Avda. de la Universidad s/n
E-03202 Elche (Alicante)
España

Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales
División de Ingeniería de Sistemas y Automática
Universidad Miguel Hernández
Avda. de la Universidad s/n
E-03202 Elche (Alicante)
España

Resumen

Los programas de la titulación Ingeniero de Telecomunicación incluyen en general un buen número de asignaturas relacionadas con el estudio de radiopropagación y antenas. Un bloque común a todas estas asignaturas suele ser la caracterización de los parámetros de radiación de antenas. El problema a encarar en estos casos (sobre todo por parte de titulaciones de implantación reciente en universidades españolas) es el elevado coste que requiere la instrumentación de medida (cámara anecoica, sistema de posicionamiento, software para pasar de campo cercano a campo lejano, analizador de redes vectorial). En este artículo se muestra una solución a adoptar para incluir en las asignaturas de antenas sesiones prácticas de la medida del diagrama de radiación en plano-E y en plano-H de diversas antenas de UHF y SHF empleando para ello únicamente varias antenas, un rotor y un ordenador con una tarjeta sintonizadora de televisión cuyo software proporcione la medida del nivel de señal recibido por las antenas.

Palabras clave

Antena, Diagrama de radiación, Educación, Ordenador, Bajo coste.

Introducción

El estudio de radiopropagación y antenas es una materia común a varias asignaturas dentro de los programas de la titulación Ingeniero de Telecomunicación, la cual está implantada en un gran número de las universidades españolas. Un bloque común a todas estas asignaturas suele ser la caracterización de los parámetros de radiación de antenas, entre los que se encuentran el diagrama de radiación, directividad, eficiencia de radiación, ganancia, Relación de Onda Estacionaria (ROE), ancho de banda, Relación Delante-Atrás o *Front to Back Ratio (FBR)* y el Nivel de Lóbulo Principal a Secundario o NLPS [1]. La caracterización de todos estos parámetros se puede realizar por dos vías alternativas. La primera de ellas consiste en evaluar dichos parámetros a través de programas de simulación de la radiación de antenas. De esta forma, el alumno aprende a manejar un programa de simulación, en el cual deberá introducir la geometría de la antena a caracterizar, la fuente de excitación y la frecuencia de operación, y con dicho programa calculará los campos radiados por la antena. A partir de dichos campos de radiación se pueden extraer varios de los parámetros de radiación mencionados anteriormente. La segunda alternativa consiste en llevar a cabo la medida experimental de dichos parámetros. Esta segunda opción es siempre mucho más interesante para el alumno como futuro ingeniero, puesto que en el proceso de medida manejará aspectos prácticos como por ejemplo el material del que está hecha la antena, el aspecto y peso de la misma, los diferentes tipos de conectores y cables empleados, aspectos que no se manejan mediante el programa de simulación. Por otro lado, cabe mencionar que hay algunos parámetros de radiación como la ROE o el ancho de banda de la antena que en muchos casos son difíciles de obtener mediante simulaciones, o que en cualquier caso el valor calculado no coincide exactamente con el valor real. Por tanto, en la titulación de Ingeniero de Telecomunicación es conveniente disponer de un laboratorio de medida de los parámetros de radiación de antenas.

El problema a encarar a la hora de realizar medidas de radiación de antenas (sobre todo por parte de titulaciones de implantación reciente en universidades españolas) es el elevado coste que requiere la instrumentación de medida, que básicamente consiste en una cámara anecoica cuyas paredes están revestidas de material absorbente para evitar múltiples reflexiones en las paredes que rodean a la antena bajo medida, un sistema de posicionamiento de la antena con control de elevación y azimut, una antena o sonda de medida del campo cercano emitido por la antena, software necesario para pasar de campo cercano a campo lejano, y un analizador de redes vectorial para la medida de la ROE.

En este trabajo hemos adoptado una solución de bajo coste para incluir en las asignaturas de antenas sesiones prácticas de la medida del diagrama de radiación en plano-E y en plano-H de diversas antenas en la banda de UHF y SHF, empleando para ello únicamente varias antenas comerciales de TV terrena y satélite, un rotor controlado de forma remota desde un ordenador que permite girar las antenas en elevación y azimut, y un ordenador con una tarjeta sintonizadora de televisión cuyo software proporcione la medida del nivel de señal que captan dichas antenas. Por tanto, se podrá realizar la medida del diagrama de radiación en recepción de una serie de antenas instaladas en la azotea de un edificio desde un laboratorio equipado con ordenadores, a partir de la señal de TV captada por las mismas. Dichos ordenadores se encargarán por un lado de controlar de forma remota el giro del rotor donde se instalarán las antenas, tanto en elevación como en azimut, y por otro lado llevarán a cabo la medida del nivel de señal de TV que reciben las antenas mediante una tarjeta sintonizadora de televisión. La representación gráfica del nivel de señal en función de las diferentes direcciones proporcionará directamente el diagrama de radiación de cada antena.

Sistema de posicionamiento de las antenas con control de elevación y azimut

A continuación se describe el rotor o sistema de posicionamiento empleado para orientar las antenas bajo medida tanto en elevación como en azimut, con el fin de poder realizar la medida del diagrama de radiación de las mismas. El sistema elegido es el rotor de antenas G-5500 de Yaesu [2] (ver la Figura 1 (a)) que proporciona un giro de 450° en azimut (ángulo ϕ) y de 180° en elevación (ángulo θ) de antenas de tamaño medio-grande por control remoto, a través de un controlador (Figura 1 (b)) que permite establecer ambos giros del rotor de forma analógica a través de los controles de mando, el cual se conectará con el rotor por medio de una manguera de 8 cables conductores para exterior, dadas las condiciones de uso del mismo.

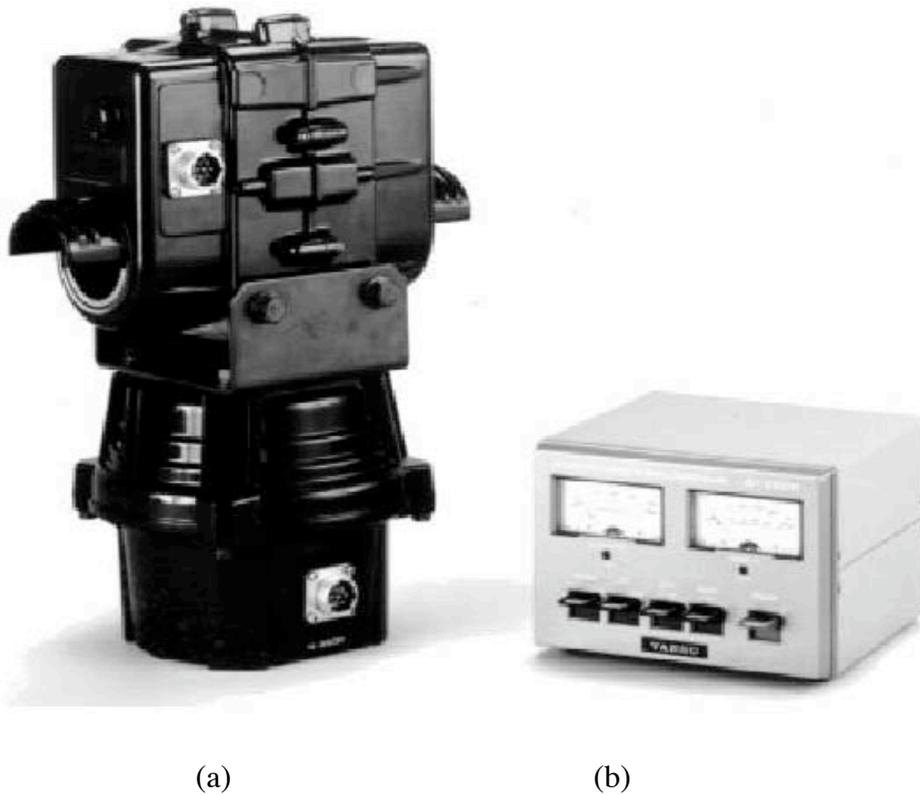


Figura 1: Rotor de antenas G-5500 de Yaesu y controlador

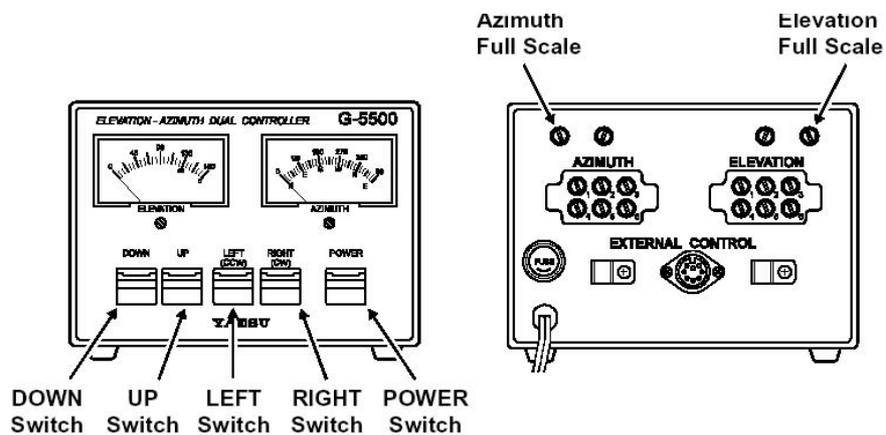


Figura 2: Vista frontal y trasera del controlador del rotor de la Figura 1.

Alternativamente, en la parte trasera del controlador se dispone de un conector para que el rotor pueda ser controlado digitalmente de forma externa desde el puerto serie de un ordenador, a través de la unidad de interfaz de control por ordenador GS-232A para rotores de antenas de Yaesu (Figura 3).



Figura 3: Unidad de interfaz de control por ordenador GS-232A para rotores de antenas de Yaesu.

De esta forma, es posible llevar a cabo un control remoto digitalizado desde un ordenador del rotor en el que se instalarán las antenas, como se muestra en la Figura 4.

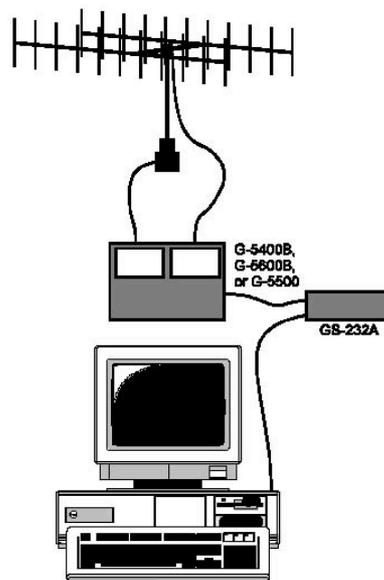


Figura 4: Control remoto del rotor por ordenador mediante la unidad GS-232A.

Tarjeta sintonizadora de televisión para medir la señal recibida por la antena

Para poder medir la señal recibida por las diferentes antenas de TV a caracterizar se empleará una tarjeta sintonizadora de televisión que se instalará en el ordenador, la cual permite seleccionar un cierto canal de televisión dentro de una banda y obtener una lectura del nivel de la señal que recibe la antena. Dicha señal es enviada desde la antena hasta la tarjeta sintonizadora mediante un cable de televisión de RF. En este caso se muestra como ejemplo la Tarjeta PCI de TV satélite [3], cuya carátula se muestra en la Figura 5. Dicha tarjeta nos permitirá medir el diagrama de radiación de antenas parabólicas de televisión vía satélite.



Figura 5: Carátula de la Tarjeta PCI de TV satélite

Cuando se sintoniza un determinado canal de televisión dentro de la banda de frecuencias emitidas vía satélite, al pulsar sobre el botón de propiedades que aparece en la parte inferior derecha de la carátula de la tarjeta sintonizadora, se abre la ventana de la Figura 6. En dicha ventana aparecen, entre otros parámetros relativos a la señal sintonizada, la frecuencia de la portadora, en MHz, y el nivel de señal recibido en unidades arbitrarias, expresado en porcentaje. La recopilación de las lecturas del nivel de señal para cada orientación de la antena dada por la orientación del rotor (expresada en función de las coordenadas esféricas θ y ϕ) nos permitirá obtener el diagrama de radiación de la antena a la frecuencia del canal seleccionado. El proceso a seguir en el caso de una antena de televisión terrena, como por ejemplo la antena Yagi-Uda, es completamente análogo, con la única diferencia de que en ese caso se empleará una tarjeta sintonizadora de televisión terrena.

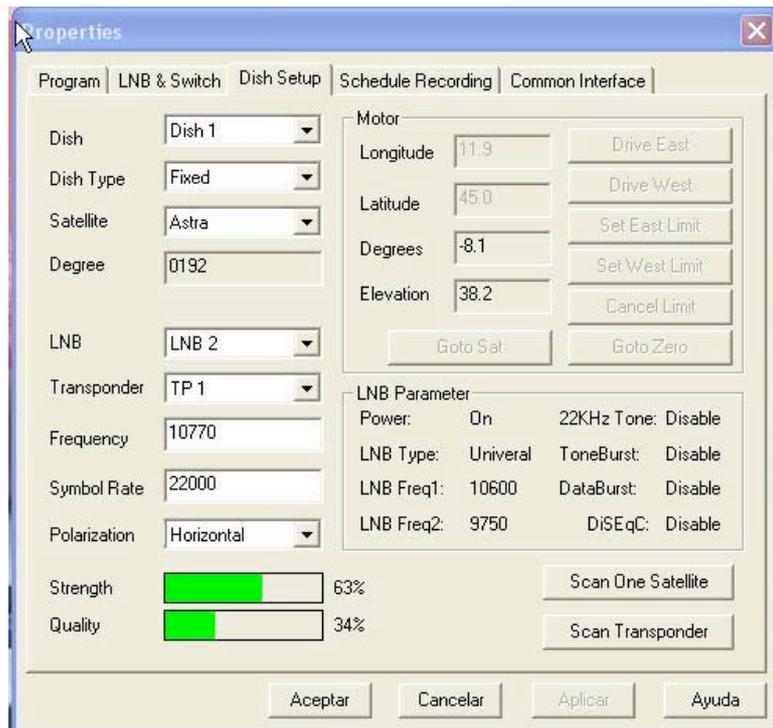


Figura 6: Ventana de propiedades de la Tarjeta PCI de TV satélite con los valores de los parámetros de la señal que recibe la antena parabólica de televisión vía satélite en un canal determinado.

Antenas de televisión bajo medida

En este apartado se describen las antenas de televisión de las que se dispone en el Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Miguel Hernández para realizar medidas del diagrama de radiación empleando el sistema de medida descrito anteriormente. Dichas antenas están siendo empleadas actualmente en sesiones prácticas de campo abierto y en los laboratorios en algunas asignaturas de la titulación de Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad Miguel Hernández para el aprendizaje del manejo de los instrumentos radioeléctricos de que se dispone, como son el medidor de campo y el analizador vectorial de redes.

La primera de las antenas es una antena parabólica de televisión vía satélite denominada Antena Parabólica Off-Set Ref. 7536 de Televés [4], constituida por un reflector parabólico metálico y un foco alimentador conversor o LNB (*Low Noise Block*) situado asimétricamente respecto al foco de la parábola. En la Tabla 1 aparecen las características técnicas de dicha antena proporcionadas por el fabricante. No obstante, no se proporciona el diagrama de radiación de la misma. Se trata de una antena muy directiva, con un elevado valor de ganancia en la dirección del eje de la parábola, y prácticamente nula en el resto de direcciones, cuyo diagrama de radiación posee un único lóbulo principal muy estrecho tanto en el plano-E como en el plano-H, que para esta antena resulta tener un ancho de haz a -3dB de 2,2°. Ello implicará una mayor dificultad en la medida del diagrama de radiación de esta antena, ya que únicamente se obtendrán lecturas del nivel de señal recibida con la antena distintas de cero entorno a la

dirección del máximo de radiación, que por supuesto no será posible hacer de forma manual, sino únicamente con la ayuda del rotor controlado digitalmente de forma remota a través del ordenador.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Referencia	7535	7536	7534	7572
Diámetro (mm)	600	800	1000	1100
Ganancia a 11.7 GHz (dB)	36,0	39,0	41	42,5
Ancho de banda (GHz)	10,75 a 12,75	10,75 a 12,75	10,75 a 12,75	10,75 a 12,75
Angulo OFFSET (°)	26,5	26,5	26,6	26,6
Espesor (mm)	1,5	1,5	2,5	2,5
Angulo de elevación (°)	30-80	30-80	30-80	30-80
Carga al viento	800 N/m ²	345,6	499,2	739,2
1100 N/m ² (N)	475,2	686,4	1016,4	1254

Prestación de viento	N/m ²	800	1100
Velocidad de viento	Km/h	130	150

Tabla 1: Características técnicas de la Antena Parabólica Off-Set Ref. 7536 de Televés.

En la Figura 7 se muestra una imagen de esta antena, en la que se puede apreciar que la antena está actualmente instalada en la azotea de un edificio departamental, que será donde se pretende instalar el rotor de antenas.



Figura 7: Imagen de la Antena Parabólica Off-Set Ref. 7536 de Televés que se encuentra instalada actualmente en la azotea del edificio departamental en el que se pretende instalar el rotor de antenas.

Dicha antena se encuentra fijada a una abrazadera en U que está atornillada a una pared. Para llevar a cabo la caracterización de los parámetros de radiación de esta antena con el dispositivo

de medida propuesto, será necesario fijar la antena parabólica a un mástil metálico cilíndrico, el cual se introducirá posteriormente en el orificio del que está provisto el rotor de antenas para llevar a cabo la orientación automatizada de la antena, como se puede observar en la imagen ampliada del rotor que aparece en la Figura 8.

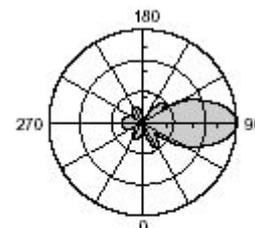


Figura 8: Imagen ampliada del rotor de antenas en el que se aprecia el orificio en el que se introducirá el mástil metálico cilíndrico al que se fijará la antena bajo medida.

La segunda antena a caracterizar con el dispositivo de medida propuesto es una antena Yagi-Uda de televisión terrena denominada Antena de UHF Monolítica Ref. 1243 de Televés [4], consistente en una agrupación de dipolos alineados sobre un eje con un reflector diédrico de varillas en el extremo de la antena, siendo el dipolo activo un dipolo doblado de media onda. En la Tabla 2 aparecen las características técnicas de dicha antena junto con su diagrama de radiación en plano-E proporcionadas por el fabricante. Se trata de una antena bastante directiva, cuyo diagrama de radiación presenta un lóbulo principal orientado en la dirección del eje de la agrupación, y cinco lóbulos secundarios de menor intensidad que el lóbulo principal. El ancho de haz a -3dB calculado teóricamente a partir del diagrama de radiación proporcionado por el fabricante resulta ser de 40°. En este caso será más sencilla la medida del diagrama de radiación de la antena, al no tener la radiación concentrada en una única dirección como sucede en el caso de la antena parabólica. De hecho, sería posible obtener dicho diagrama de radiación de forma aproximada realizando medidas de la señal recibida por la antena a diferentes direcciones en un espacio abierto, con la ayuda de un medidor de campo y una brújula, aunque los resultados obtenidos son bastante imprecisos.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Referencias	1121	1242	1243	1245	
Elementos	13	13	18	23	
Canal	21-69	21-69	21-69	21-69	
Ganancia (dB)	12	12	15	16,5	
Relación D/A (dB)	26	28	36	39	
Longitud (mm)	1180	1174	1560	2225	
Carga al Viento	785 N/m ²	9	8	10	15
	1080 N/m ² (N)	12	11	15	21



Ref. 1243

Tabla 2: Características técnicas de la Antena de UHF Monolítica Ref. 1243 de Televés y su diagrama de radiación en plano-E.

Para esta antena también se proporciona la respuesta en frecuencia de la misma en el catálogo del fabricante en toda la banda de televisión de UHF que abarca desde el canal 21 hasta el canal 69, correspondiente a la banda de frecuencias de 470-860 MHz. En dicha figura se puede observar que esta antena tiene una respuesta en frecuencia bastante plana en toda la banda representada, por lo que se puede concluir que tiene un gran ancho de banda. Ello se comprobará posteriormente a partir de las medidas que se pretenden obtener con el dispositivo de medida propuesto.

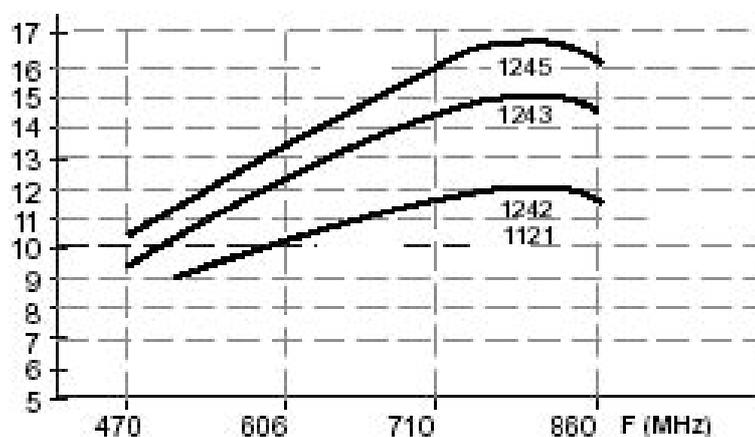


Figura 8: Respuesta en frecuencia de la Antena de UHF Monolítica Ref. 1243.

En la Figura 9 se muestra una imagen de esta antena, en la que se puede apreciar que dicha antena está sujeta a un mástil metálico cilíndrico, el cual se fijará posteriormente al rotor para llevar a cabo la orientación automatizada de la antena.



Figura 9: Imagen de la Antena de UHF Monolítica Ref. 1243 sujeta a un mástil metálico.

Ubicación del Dispositivo de medida

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, las antenas a caracterizar mediante el dispositivo de medida propuesto en este trabajo ya están siendo empleadas actualmente en sesiones prácticas de campo abierto en algunas asignaturas de la titulación de Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad Miguel Hernández. La finalidad que se persigue en el dispositivo de medida propuesto es llevar a cabo la medida de los parámetros de radiación de dichas antenas de forma remota desde un ordenador del laboratorio docente del Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones, del cual se muestra una imagen en la Figura 10. Para ello, se instalará el rotor de antenas en la azotea del edificio donde se encuentra dicho laboratorio (ver la Figura 7). Por tanto, las antenas a caracterizar también estarán en la azotea del edificio. Para poder llevar a cabo el control remoto del rotor, habrá que extender la manguera de 8 cables conductores que conecta el rotor con el ordenador desde la azotea hasta dicho laboratorio, que se encuentra en la planta inmediatamente inferior del mismo edificio. Así mismo, también será necesario un cable de televisión de RF que lleve la señal captada por las antenas que se vayan a fijar al rotor hasta la tarjeta sintonizadora de televisión instalada en el ordenador del laboratorio.



Figura 10: Laboratorio docente del Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Miguel Hernández donde se instalará el ordenador desde el que se controlará el rotor de antenas de forma remota y en el que se realizarán las medidas de la señal recibida por las antenas a través de la tarjeta sintonizadora de televisión.

Aplicación del dispositivo de medida a la obtención de imágenes meteorológicas

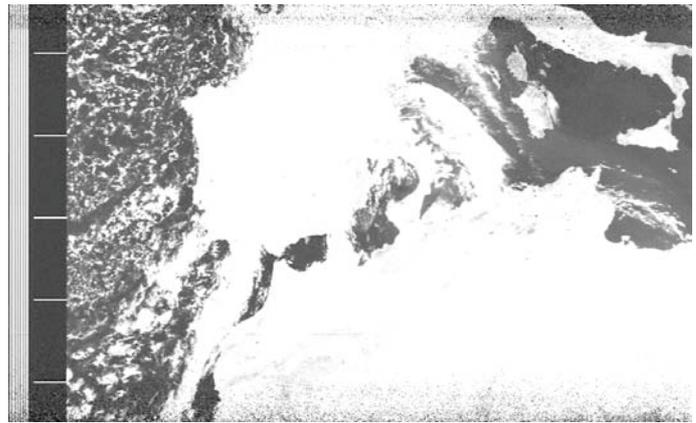
El dispositivo de medida propuesto cuenta con todo el material necesario para poder ser implantado en el próximo curso. Actualmente se está llevando a cabo la fijación del rotor al suelo de la azotea del edificio donde va a ser instalado, el cual será atornillado a una placa de acero inoxidable empotrada en una zapata de hormigón. Una vez finalizada dicha instalación, se empezarán a realizar las primeras medidas de radiación de antenas desde el laboratorio.

Por otro lado, dentro del Plan de Prácticas Internas que se oferta para los estudiantes de esta universidad, se ha iniciado otro proyecto de trabajo orientado a la obtención de imágenes meteorológicas emitidas por satélites meteorológicos de órbita polar. Dicho proyecto está desglosado en varios paquetes de trabajo que han sido encargados a diferentes estudiantes. El primero de ellos, que ya se ha llevado a término, ha sido el diseño y construcción de una antena para la recepción de las señales emitidas por dichos satélites meteorológicos [5]. El segundo paquete de trabajo también ha sido terminado, y ha consistido en la realización de un programa de cálculo de las trayectorias seguidas por dichos satélites a lo largo del día [6]. El tercer y último paquete de trabajo todavía no se ha llevado a cabo, y consiste en la obtención de imágenes meteorológicas de estos satélites de forma automatizada empleando la antena diseñada y el programa implementado. Para ello, una vez que se haya instalado el rotor y se haya puesto en funcionamiento el control remoto del mismo por ordenador, será posible emplear el programa

desarrollado para realizar el seguimiento de los satélites para apuntar de forma automatizada la antena siguiendo las trayectorias de los satélites. Ello permitirá llevar a cabo la obtención de imágenes meteorológicas de forma automatizada a lo largo de todo el día. En la Figura 11 se muestra una fotografía de la antena diseñada para esta aplicación, y a su derecha aparece una imagen meteorológica que fue captada por la misma el 19 de Noviembre de 2004.



(a)



(b)

Figura 11: (a) Antena Turnstyle que ha sido diseñada para la recepción de señales meteorológicas emitidas por satélites meteorológicos de órbita polar. (b) Imagen meteorológica captada por la antena el 19 de Noviembre de 2004.

Conclusiones

Se ha propuesto un dispositivo de medida de los parámetros de radiación de antenas empleando equipo de bajo coste para su implantación en asignaturas relacionadas con el estudio de radiopropagación y antenas de la titulación de Ingeniero de Telecomunicación. El equipo básico necesario para la realización de las prácticas está constituido por un rotor de antenas, una tarjeta sintonizadora de televisión y un ordenador, lo cual nos permitirá obtener el diagrama de radiación de diversas antenas comerciales de TV terrena y satélite. Así mismo, dicho equipo permitirá llevar a cabo la obtención de imágenes meteorológicas emitidas por satélites meteorológicos de órbita polar de forma automatizada.

Referencias

- [1] **Antenas.** Ángel Cardama Aznar y otros. Edicions UPC, 1998.
- [2] **Yaesu Products** ,<http://www.yaesu.com/>
- [3] **Conceptronic Products**, <http://www.conceptronic.com/>
- [4] **Catálogo de TELEVÉS** 2002.
- [5] **Proyecto final de carrera de la UMH:** “*Diseño y montaje de una antena Turnstyle para recibir señales procedentes de satélites meteorológicos*” realizado por Álvaro Belda Sanchís.
- [6] **Proyecto final de carrera de la UMH:** “*Diseño de aplicación software para seguimiento de satélites meteorológicos*” realizado por Ismael Gómez Sanchís.

©CiberEduca.com 2005

La reproducción total o parcial de este documento está prohibida sin el consentimiento expreso de/los autor/autores.

CiberEduca.com tiene el derecho de publicar en CD-ROM y en la WEB de CiberEduca el contenido de esta ponencia.

® CiberEduca.com es una marca registrada.

©™ CiberEduca.com es un nombre comercial registrado